سومین کنفرانس بین المللی اینترنت اشیاء و کاربردها
فروردین ۱۳۹۸ - دانشگاه اصفهان

مانیتورینگ و کنترل دستگاه‌های آزمایشگاهی از طریق اتصال به اینترنت اشیاء با استفاده از گوشی هوشمند

پوریا گوهری نظری[۱*]، کمال جمشیدی[۲]
[۱] فارغ التحصیل دوره کارشناسی دانشگاه اصفهان، gohary@ce.sharif.edu
[۲]استادیار دانشکده مهندسی کامپیوتر دانشگاه اصفهان، jamshidi@eng.ui.ac.ir

چکیده : گسترش روزافزون ارتباطات بر بستر اینترنت و به وجود آمدن اینترنت اشیاء، تمامی وسایل را قادر ساخت تا از طریق اینترنت به مبادله‌ی اطلاعات بپردازند. این بستر به دلیل کاهش هزینه‌ی ارتباطات و استفاده از بسترهای از قبل فراهم شده توانست به سرعت در اکثر وسایل روزمره نفوذ کند. هدف این پروژه اتصال وسایل آزمایشگاهی به اینترنت اشیاء است تا بتوان مانیتورینگ از راه دور را توسط گوشی هوشمند انجام داد. استفاده از این دستگاه در انواع محیط‌های حساس که نیاز به نظارت دائمی دارند می‌تواند به انجام دقیق‌تر آزمایشات و کاهش نرخ خطا و حوادث کمک کند و هزینه‌های جانبی محل‌های مورد استفاده را کاهش دهد. از جمله نوآوری‌های موجود در این طرح می‌توان به استفاده از ارتباط ***GSM*** و امکان کنترل از طریق پیام‌کوتاه، ایجاد یک نرم‌افزار تلفن هوشمند با رابط کاربری ساده و قوی برای کنترل و نظارت بر دستگاه و همچنین ایجاد قابلیت ***Accounting*** ، اشاره نمود.

کلید واژه‌ها: آزمایشگاه هوشمند، اینترنت اشیاء، اندروید، دیتابیس، وب سرور

۱- مقدمه

انجام آزمایش در محیط آزمایشگاه همواره دارای سختی‌ها و پیچیدگی‌های خاص خود می‌باشد. اما یکی از مشکلاتی که کار را برای پژوهشگران بیش از پیش مشکل می‌سازد انجام آزمایشات با زمان طولانی و دقت بالا می‌باشد. این نوع آزمایشات به دلیل مراحل طولانی و نیاز به نظارت دائمی می‌توانند برای پژوهشگران مشکل آفرین باشد. در این مقاله سعی شده تا با ارئه‌ی راه حلی بر مبنای اینترنت اشیاء این مشکل را حل نمود. در این روش سعی شده تا سیستم به گونه‌ای طراحی شود تا بیشترین هم‌خوانی را با وسایل جدید و قدیمی آزمایشگاه داشته‌باشد.

۲- مروری بر کارهای انجام شده

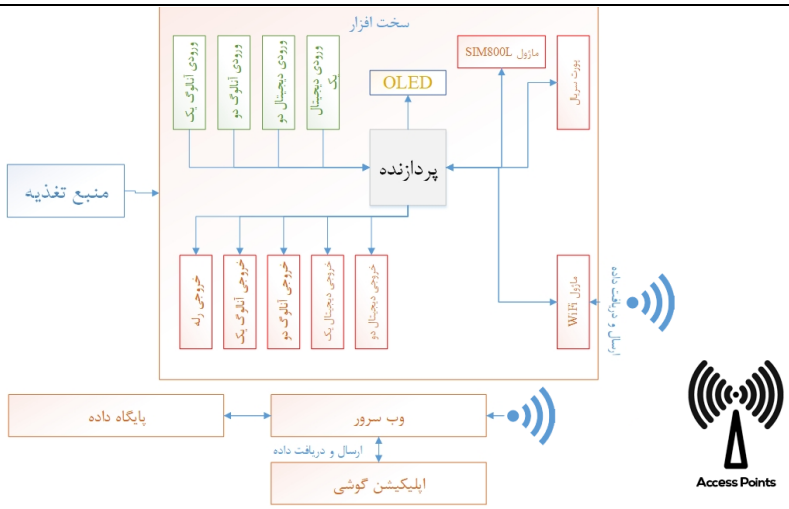
سیستم پیشنهادی دارای نمونه‌های مشابهی مانند [۵] و [۶] می‌باشد اما یکی از اهداف این پروژه امکان اتصال تمامی وسایل آزمایشگاهی جدید و قدیمی به اینترنت اشیاء با قیمت مناسب می‌باشد به همین دلیل در انجام این پروژه سعی شده تا حد امکان از روش‌های ارزان قیمت که دارای قابلیت اطمینان مناسب می‌باشند استفاده شود. یکی از نوآوری‌های این سیستم که در طرح‌های گذشته دیده نمی‌شود امکان دریافت و ارسال اطلاعات آنالوگ می‌باشد.

در سیستم پیشنهادی در بخش ارتباطات از ماژول ESP برای ارتباط وای‌فای (Wi-Fi) و ماژول SIM۸۰۰L برای ارتباط GSM استفاده شده‌است. استفاده از ماژول GSM سبب شده‌است تا در شرایطی که کاربر به اینترنت دسترسی ندارد بتواند با استفاده از ارسال پیام‌کوتاه (SMS) دستگاه آزمایشگاهی متصل را خاموش نماید. استفاده از ماژول ESP سبب شده است تا در کنار قیمت مناسب امکان استفاده از ارتباط وای‌فای برای دستگاه فراهم شود چون در اکثر محیط‌هایی که این دستگاه استفاده می‌شود (مانند دانشگاه‌ها) ارتباط بی‌سیم وجود دارد ایجاد امکان استفاده از ارتباط وای‌فای موجود سبب می‌شود تا نیازی به سیم‌کشی مجدد نباشد و هزینه‌ی پیاده‌سازی کاهش یابد.

۳- روش پیشنهادی

بلوک دیاگرام طرح پیشنهادی در شکل ۱ آمده‌است.
این دیاگرام از چهار بخش اصلی تشکیل شده‌است:

۱- برد سخت‌افزار: در این بخش قطعات سخت‌افزاری کنترل و ارسال اطلاعات مانند ماژول وای‌فای، نمایشگر OLED، پورت سریال و خروجی رله قرار دارد.
۲- وب‌سرور (Web Server): در این قسمت یک وب‌سرور برا پاسخ‌گویی به درخواست‌هایی که از



شکل ۱: بلوک دیاگرام طرح ارائه شده

سمت برد سخت‌افزاری و نرم‌افزار اندروید ارسال می‌شود قرار گرفته است.

۳- پایگاه داده (Data Base): در روش برای ذخیره‌ی تمامی نتایج و دستورات صادر شده از طرف اپراتور یک پایگاه داده در نظر گرفته شده‌است تا تمامی اطلاعات در آن ذخیره شده و در مراجعات بعدی در دسترس باشد.

۴- گوشی هوشمند: در نقطه‌ی انتهایی دیگر این زنجیره یک گوشی هوشمند با نرم‌افزاری که برای آن ساخته شده‌است، وجود دارد که اطلاعات را از طریق اینترنت از وب‌سرور دریافت کرده و به کاربر نمایش می‌دهد و همچنین دستورات او را به وب‌سرور انتقال می‌دهد تا بر روی سخت‌افزار اعمال شود.

۳-۱- طراحی قسمت سخت‌افزاری

برای شروع پیاده‌سازی این پروژه در ابتدا باید قطعات و نیازمندی‌های هر قسمت را مشخص کرد و سپس بر اساس آن طراحی جزئیات هر قسمت را انجام داد.

در ادامه با توجه به اولویت، قسمت‌های اصلی طرح به تفصیل معرفی خواهد شد.

۳-۲- میکروکنترلر

انتخاب میکروکنترلر که وظیفه‌ی انجام اکثر کارهای پروژه را بر عهده دارد یکی از مهم‌ترین قسمت‌های این پروژه می‌باشد. برای انتخاب مناسب‌ترین گزینه ابتدا تمامی امکانات مورد نیاز استخراج شده و سپس با توجه به فاکتورهای قیمت و موجودی در بازار ایران یک گزینه انتخاب شد. با توجه به قدرت و امکانات قابل توجه میکروکنترلرهای مبتنی بر معماری ARM تصمیم گرفته‌شد تا از این معماری در این پروژه استفاده شود. در میان شرکت‌های تولید کننده‌ی میکروکنترلرهای مبتنی بر این معماری، شرکت ST به دلیل داشتن امکانات توسعه‌ی بیشتر انتخاب شد. بعد از نیازسنجی اولیه و استخراج موارد جدول ۱ در مرحله‌ی بعدی لیستی از میکروکنترلرهای دارای امکانات بالا تعیین شد که البته با توجه به مشکلات زیاد برای تأمین قطعات در بازار ایران انتخاب‌ها به شدت کاهش یافت و در نهایت تصمیم به استفاده از میکروکنترلر STM۳۲F۱۰۷RCT۶ گرفته شد[۱].

جدول ۱: جدول نیازمندی‌های میکروکنترلر

نام امکان مورد نیاز
رابط ADC[۱]
رابط DAC[۲]
رابط I۲C
رابط UART و USART[۳]
پیشتیبانی از RTC[۴]
Timer
ورودی و خروجی دیجیتال (باینری)

[۱] Analog-to-digital converter
[۲] Digital-to-analog converter
[۳] Universal synchronous/asynchronous receiver-transmitter
[۴] Real time clock

۳-۳- ارتباط وای‌فای

همان‌گونه که گفته شد برای برقراری اتصال به اینترنت در این پروژه از ارتباط وای‌فای استفاده شده‌است. این ارتباط ازطریق ماژول ESP انجام شده‌است. این ماژول از هسته‌ای با میکروکنترلر ESP۸۲۶۶EX استفاده می‌کند که یک پردازنده‌ی RISC ۳۲ بیتی Tensilica L۱۰۶ را در خود دارد که ماکزیمم سرعت کلاک آن ۱۶۰Mhz و مصرف توان آن بسیار پایین است. سیستم‌عامل بلادرنگ و پشته‌ی وای‌فای این اجازه را می‌دهد که حدود ٪۸۰ توان پردازش برای برنامه‌نویسی و توسعه‌ی نرم‌افزار کاربر قابل استفاده باشد. در این مدل حداکثر سرعت انتقال اطلاعات ۱۱ Mbps است و از فرکانس رادیویی ۲/۴ گیگاهرتز استفاده می‌کند [۲].

۳-۴- ارتباط GSM

ارتباط از طریق اینترنت مزایای فراوانی مانند پهنای باند بالا، هزینه‌ی پایین را دارد اما این ارتباط در برخی موارد دارای قابلیت اطمینان پایینی می‌باشد. قطعی‌های اینترنت غیر قابل پیش‌بینی می‌تواند سبب شود که کنترل سیستم آزمایشگاهی از دست اپراتور آن خارج شود. به همین دلیل در سیستم پیشنهادی یک ماژول ارتباط GSM در نظر گرفته شده‌است تا در زمان‌های اضطراری اپراتور سیستم بتواند از طریق ارسال یک پیام‌کوتاه سیستم را خاموش کرده و در حالت امن قرار دهد. این ارتباط از طریق ماژول SIM۸۰۰L فراهم شده‌است. این ماژول توانایی دریافت و ارسال پیام‌کوتاه و تماس تلفنی را دارا می‌باشد. ارتباط با این ماژول از طریق رابط UART فراهم می‌شود و میکروکنترلر از طریق فرمان‌های AT این ماژول را کنترل می‌کند.

۳-۵- مدار تغذیه

تغذیه‌ی استاندارد مورد نیاز برای این برد ۵ ولت می‌باشد. برای اعمال این ولتاژ به برد اصلی راه‌های گوناگونی مانند پورت USB و درگاه آدابتور در نظر گرفته شده‌است. با توجه به مصرف زیاد برخی ماژول‌های استفاده شده توصیه می‌شود که منبع تغذیه‌ی ورودی قابلیت تامین ۲ آمپر جریان را داشته باشد.

با توجه به اینکه میکروکنترلر و ماژول وای‌فای از ولتاژ ۳/۳ ولت برای تغذیه استفاده می‌کنند از یک رگولاتور AMS۱۱۱۷ برای تأمین این ولتاژ استفاده شده‌است همچنین برای کاهش نویز از یک خازن الکترولیت ۲۲۰ uF در ورودی و چندین خازن ۰/۱ uF در نزدیکی قطعات مهم استفاده شده‌است. در این طرح برای کنترل تغذیه‌ی وسایل آزمایشگاهی از یک رله‌ی ۲۲۰ ولت استفاده شده‌است. به دلیل مکانیکی بودن قطعه‌ی رله و امکان ایجاد جریان برگشتی در مدار از یک دیود استفاده شده است. ورودی کلی برد از طریق یک کلید قطع و وصل می‌شود.

۳-۶- مدار کریستال و ساعت

در این طرح از دو کریستال استفاده شده‌است:

۱. کریستال ساعت (Low Speed External Clock)
۲. کریستال سریع (High Speed External Clock)

در این مدار به دلیل استفاده از Real Time Clock و نیاز به ذخیره‌ی آن یک مدار برای ذخیره‌ی ساعت ساخته شده‌است. این مدار از یک کریستال ساعت با فرکانس کاری ۳۲/۷۶۸KHz، یک باتری عدسی با ولتاژ ۳/۳ ولت برای روشن نگه‌داشتن بخش ذخیره‌ی ساعتِ میکروکنترلر و چند خازن ۲۰ pF تشکیل شده‌است. کریستال دوم استفاده شده در طرح (HSE) برای حالتی در نظر گرفته شده‌است که کلاک داخلی میکروکنترلر دقت لازم را به دلیل قرار گیری در شرایط خاص نداشته‌باشد.

۳-۷- مدار Reset

بدیهی است که هر وسیله‌ای ممکن است تحت شرایطی دچار مشکل شده و نیاز به شروع مجدد داشته‌باشد به همین دلیل در طراحی برد پروژه یک مدار ریست تعبیه شده‌است تا در صورت نیاز با زمین کردن پایه‌ی ریست میکروکنترلر مدار را راه اندازی مجدد کند. این مدار از یک کلید فشاری، یک مقاومت Pull Up ۱۰ کیلو اهم و یک خازن ۰/۱ uF ساخته شده‌است.

۳-۸- طراحی پورت‌های ارتباطی و ورودی/خروجی

در این طرح به دلیل اینکه سعی شده تا از اکثر وسایل آزمایشگاهی پشتیبانی شود تا حد امکان انواع پروتکل‌های ارتباطی در طراحی مدار گنجانده شده‌است. ساده‌ترین و مهم ترین پورت خروجی مدار، پورت کنترل ولتاژ ۲۲۰ ولت به وسیله‌ی رله می‌باشد.این خروجی از طریق یک ترمینال از برد خارج شده‌است. دو پورت خروجی/ورودی باینری (صفر و ۳/۳ ولت) و دو پورت خروجی و ورودی آنالوگ (۰ تا ۳۳۰۰

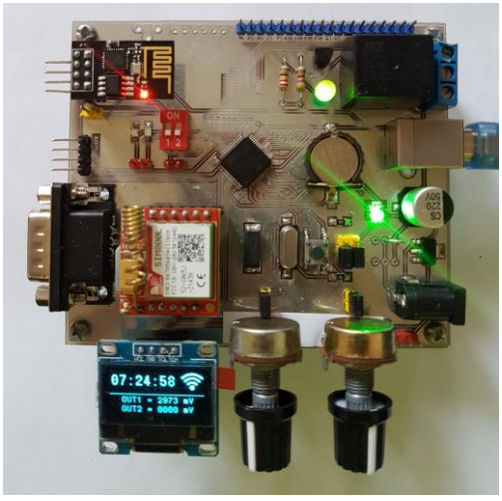
میلی‌ولت) نیز در قسمت I/O در نظر گرفته شده‌است. این ورودی/خروجی‌ها از طریق پین‌هدر از برد خارج شده‌اند. پورت دیگری که برای اکثر وسایل آزمایشگاهی قدیمی قابل استفاده‌است کانکتور ۹ پین می‌باشد که قابلیت پیکربندی بر روی استاندارد RS۲۳۲ بر اساس وسیله‌ای که قرار است به آن متصل شود را دارا می‌باشد. در انتها دو پورت UART برای اتصال ماژول وای‌فای و ماژول SIM۸۰۰ و همچنین یک پورت I۲C برای اتصال نمایشگر ساخته شده‌است.

۳-۹- نمایشگر OLED

برای اطلاع‌رسانی به اپراتور از یک نمایشگر OLED بر پایه‌ی اتصال I۲C استفاده شده‌است تا اطلاعات ضروری را به اپراتور دستگاه نمایش دهد.

۳-۱۰- ساخت برد مدار چاپی

در ابتدا با توجه به قطعات مورد نیاز شروع به طراحی شماتیک مدار می‌شود، سپس به وسیله‌ی نرم‌افزار Altium Designer برد مدار چاپی را طراحی شده و قوانین مورد نیاز برای اجرای برد در آن اعمال می‌شود. این مرحله به دلیل حساسیت و دقت بیشتر بدون استفاده از قابلیت اتصال خودکار مسیرها و به صورت دستی اجرا شده است. در برد ساخته شده در دو طرف برد یک لایه‌ی زمین برای کاهش نویزهای محیطی استفاده شده است. شکل ۲ لایه‌ی رویی برد مدار چاپی طرح را نشان می‌دهد.



شکل ۲: لایه‌ی رویی برد مدار چاپی طراحی شده

۳-۱۱- نرم‌افزار سیستم

طرح ارائه شده از سه بخش نرم‌افزاری ساخته شده است:

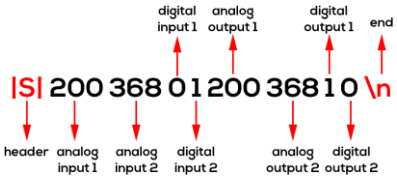
۱. کد به زبان C++ برای برد اصلی طرح (میکروکنترلر و ماژول وای‌فای)
۲. کد به زبان php استفاده شده در وب‌سرور برای پاسخگویی به درخواست‌ها
۳. کد به زبان جاوا برای ساخت اپلیکیشن اندروید

۳-۱۲- نرم‌افزار میکروکنترلر

به طور کلی میکروکنترلر در این طرح وظیفه‌ی دریافت اطلاعات پورت‌های ورودی و ارسال آن‌ها به ماژول وای‌فای و همچنین گرفتن اطلاعات از ماژول وای‌فای و اعمال آن‌ها را دارد.[٤] فلوچارت برنامه‌ی میکروکنترلر در شکل ۴ آمده‌است.

۳-۱۳- نرم‌افزار ماژول وای‌فای

برای افزایش سرعت و استفاده‌ی بهینه‌تر از امکانات ماژول وای‌فای از دستورات پیش‌فرض ماژول معروف به AT Commands استفاده نشده است و ماژول به صورت کامل برای کاربرد جدید بهینه‌سازی شده است. در این طرح از ارتباط uart با سرعت ۱۱۵۲۰۰ بیت بر ثانیه برای ارتباط بین میکروکنترلر و ماژول وای‌فای استفاده شده‌است. میکروکنترلر داده‌های خود را به مانند شکل ۳ برای ماژول ارسال می‌کند و ماژول نیز در پاسخ دستورات جدید که از سمت سرور دریافت کرده را در اختیار میکروکنترلر قرار می‌دهد تا در خروجی اعمال کند. فلوچارت برنامه‌ی ماژول وای‌فای در شکل ۵ آمده است.



شکل ۳: نحوه‌ی ارسال اطلاعات از میکروکنترلر به ماژول وای‌فای

۳-۱۴- نرم‌افزار وب‌سرور

در سمت سرور برای پاسخگویی به درخواست‌ها از وب‌سرور Apache استفاده شده‌است. بر روی این وب‌سرور فایل‌های php قرار گرفته است که وظیفه‌ی پاسخگویی و ثبت اطلاعات در پایگاه داده را دارند.

بسته‌های ارسال شده از سمت برد و اپلیکیشن گوشی به صورت JSON و با متد POST ارسال می‌شوند این بسته‌ها در سرور باز شده و اطلاعات مورد نیاز از آن‌ها استخراج شده

و به همراه زمان و تاریخ در پایگاه‌داده ثبت می‌شوند.

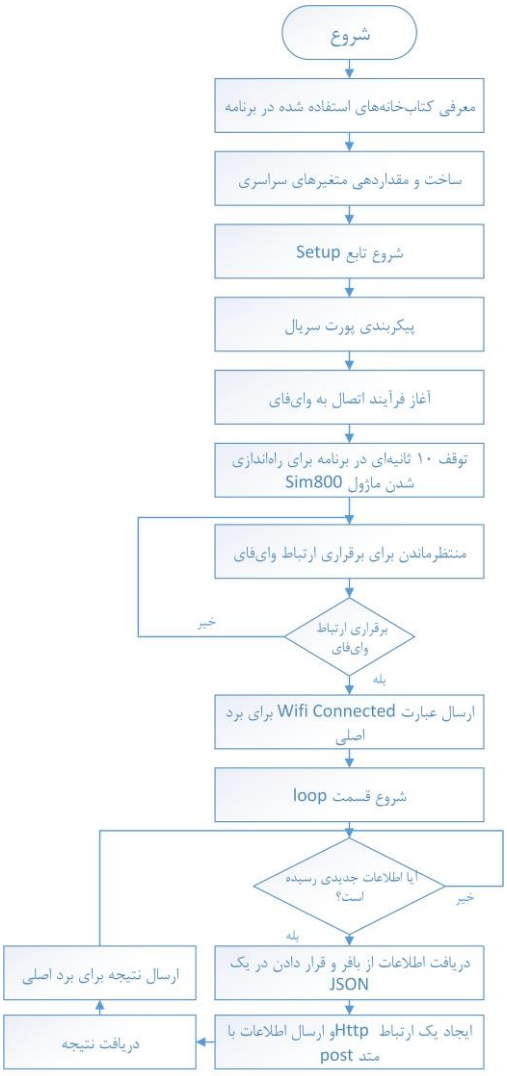
شکل ۴: فلوچارت برنامه‌ی میکروکنترلر

۱۵-۳- نرم‌افزار گوشی هوشمند

اپلیکیشن گوشی هوشمند دو وظیفه‌ی اصلی در این طرح بازی می‌کند:

۱. نمایش اطلاعات و وضعیت فعلی دستگاه
۲. اعمال تنظیمات جدید مورد نظر کاربر

در ابتدا با باز کردن اپلیکیشن کاربر باید اطلاعات کاربری خود را وارد کند. پس از استعلام از سرور و تأیید نام کاربری و کلمه‌ی عبور کاربر وارد صفحه‌ی اصلی نرم‌افزار می‌شود. در شکل ۶ صفحه‌ی اصلی این اپلیکیشن آمده‌است. در طراحی رابط کاربری این اپلیکیشن سعی شده‌است تا تمام قوانین طراحی متریال شرکت گوگل رعایت شود. این اپ قابلیت اجرا بر روی گوشی‌های هوشمندِ دارای سیستم‌عامل اندروید نسخه‌ی ۴,۴ به بالا را دارد.



شکل ۵: فلوچارت برنامه‌ی ماژول وای‌فای

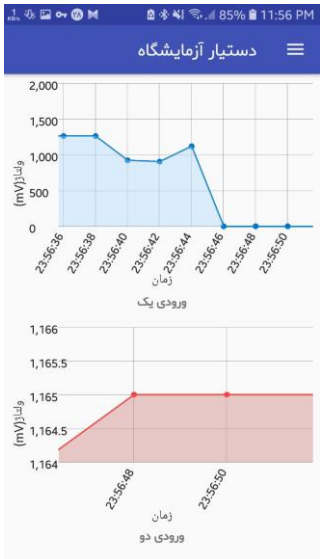
شکل ۶: صفحه‌ی اصلی اپلیکیشن گوشی هوشمند

در این اپلیکشین بخشی به نام محاسبات در نظر گرفته

شده‌است که کاربر را قادر می‌سازد تا یک عملگر ریاضی را بین دو ورودی انجام داده و نتیجه را در یک خروجی قرار دهد. رابط کاربری این صفحه در شکل ۷ آمده است.

شکل ۷: صفحه‌ی محاسبات اپلیکیشن گوشی هوشمند

بخش دیگری که در این اپلیکیشن در نظر گرفته شده‌است صفحه‌ی نمودارهای ورودی [۳] است. در این بخش می‌توان به صورت زنده نمودار مربوط به دو ورودی آنالوگ را مشاهده کرد. این صفحه در شکل ۸ نشان داده شده‌است. این نمودار مقدار اختلاف پتانسیل ورودی آنالوگ نسبت به زمان را نشان می‌دهد.



شکل ۸: صفحه‌ی نمودارهای ورودی اپلیکیشن گوشی هوشمند

۴- نتیجه‌گیری

استفاده از روش‌های نوین و فناوری‌های جدید مانند اینترنت اشیاء می‌تواند سبب شود تا علاوه بر راحتی، دقت انجام بسیاری از امور افزایش یابد. در این طرح سعی بر آن بود تا با استفاده از کمترین منابع مالی دستگاهی ساخته شود که پژوهشگران بتوانند با اطمینان از آن در محیط‌های آزمایشگاهی استفاده کنند. ابعاد کوچک دستگاه و همچنین راحتی استفاده از آن سبب می‌شود که هر فردی با هر سطح سواد و آگاهی بتواند به راحتی از آن استفاده کند. در این طرح سعی شد تا کمبودهای طرح‌های گذشته مانند [۵] و [۶] برطرف گردد. یکی از نقاط این طرح استفاده از چند روش برای دسترسی به دستگاه می‌باشد که همین امر موجب بالا رفتن قابلیت اطمینان این طرح می‌گردد و سبب می‌شود تا استفاده از این طرح در محیط‌های حساس ممکن شود.

مراجع

[۱] "ST Microelectronic," ST, [Online]. Available: https://www.st.com/en/microcontrollers/stm۳۲f۱۰۷rc.html.

[۲] "Espressif Systems," Espressif, [Online]. Available: https://www.espressif.com/en/products/hardware/esp۸۲۶۶ex/overview.

[۳] J. Gehring, "Graph View," [Online]. Available: http://www.android-graphview.org.

[٤] محمدکلانی, مرجع کامل میکروکنترلرهای STM۳۲, نیاز دانش, ۱۳۹۶ .

[٥] Inderpreet Kaur, "Microcontroller Based LAB Automation System With Security" at IJACSA International Journal of Advanced Computer Science and Applications, Vol. ۱, No ,۶.December ۲۰

[٦] Kaduskar, V., Gupta, N., Bhardwaj, Y. and Kumar, S. (۲۰۱۷). Iot based lab automation system. IJCESR, ٤(٦).

[۷] Abuarqoub, Abdelrahman & Abusaimeh, Hesham & Hammoudeh, Mohammad & Uliyan, Diaa & Abu-Hashem, Muhannad & Murad, Sharefa & Al-Jarrah, Mudhafar & Alfayez, Fayez. (۲۰۱۷). A Survey on Internet of Things Enabled Smart Campus Applications.